



**SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN SAINS**  
 “Pengembangan Model dan Perangkat Pembelajaran  
 untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi”  
**Magister Pendidikan Sains dan Doktor Pendidikan IPA FKIP UNS**  
**Surakarta, 19 November 2015**



**MAKALAH  
PENDAMPING**

**Artikel Penelitian  
Bidang Fisika, Kimia,  
Biologi, dan IPA  
(Murni)**

**ISSN: 2407-4659**

**KAJIAN SPEKTRA FTIR PADA MEMBRAN KOPOLI  
(EUGENOL-DIVINILBENZENA), CO-EDVB SEBAGAI  
SENYAWA PEMBAWA UNTUK TRANSPOR FENOL**

Agung Abadi Kiswandono<sup>1</sup>, Ermi Girsang<sup>2</sup>, Ahmad Nasir Pulungan<sup>3</sup>, Juniva Laila Sihombing<sup>4</sup>, Dwi Siswanta<sup>5</sup>, Nurul Hidayat Aprilita<sup>6</sup>, Sri Juara Santosa<sup>7</sup>, Takashi Hayashita<sup>8</sup>

<sup>1,2</sup>*Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Prima Indonesia, Medan*

<sup>3,4</sup>*Fakultas Matematika dan IPA, Universitas Negeri Medan, Medan*

<sup>3,4,5,6,7</sup>*Fakultas Matematika dan IPA, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta*

<sup>8</sup>*Department of Materials and Life Sciences Faculty of Science and Technology,  
Sophia University, Kioicho, Chiyoda-ku, Tokyo 102-8554, Japan*

*Email korespondensi : agungkiswandono@gmail.com*

**Abstrak**

Telah dilakukan kajian transpor fenol melalui membran berbasis senyawa divinil benzena (DVB) tertaut silang dengan metode PIM. Kajian transpor fenol ini menggunakan *chamber* sebagai alat transpor yang memisahkan fasa sumber dan fasa penerima. Beberapa evaluasi yang mempengaruhi transpor menggunakan membran PIM telah dilakukan diantaranya adalah uji stabilitas membran, umur membran pemakaian berulang kemudian membran PIM sebelum dan setelah transpor dikarakterisasi menggunakan FTIR. Hasil penelitian menunjukkan bahwa membran PIM yang mengandung senyawa tertaut silang co-EDVB ini, kecepatan pengadukan, jenis agen tertaut silang, konsentrasi *plasticizer* dan garam NaNO<sub>3</sub> berpengaruh terhadap hilangnya komponen penyusun membran (*ML loss*). Berdasarkan hasil FT-IR, didapatkan bahwa membran yang mengandung senyawa pembawa dien ini, komponen penyusun membran yang hilang didominasi oleh senyawa pembawanya sedangkan indikasi hilangnya komponen penyusun membran dapat terlihat pada hasil FT-IR setelah digunakan untuk transpor, yakni hilangnya puncak –OH pada spektra FT-IR.

**Kata kunci :** Metode PIM, Co-EDVB, umur membran dan *ML loss*.

## I. PENDAHULUAN

Teknologi pemisahan berbasis membran cair pada saat ini semakin banyak menarik perhatian para peneliti karena teknologi ini mempunyai spektrum pemisahan yang luas, selektif dan mudah dilakukan (Cussler *dkk.*, 1991). Berbagai penelitian, mulai dari selektifitas dan kemampuan transpor sampai pemodelan matematika untuk transpor merupakan topik yang berkembang pada penelitian berbasis membran cair ini. Cussler *dkk.*(1991) juga yakin bahwa penelitian berbasis membran cair ini akan berkembang dimasa yang akan datang dan diminati oleh banyak peneliti. Beberapa peneliti bahkan telah mempublikasikan penelitian terbarunya pada jurnal internasional, seperti Abdul-Halim *dkk.*(2013), St John *dkk.*(2013) dan Vázquez *dkk.*(2014).

Metode PIM merupakan salah satu metode membran cair yang mampu meningkatkan kestabilan karena dua hal, yaitu adanya polimer dasar (misalnya *polyvinyl chloride*-PVC) yang diharapkan dapat mengatasi kebocoran senyawa pembawa, dan dibenzil eter sebagai *plasticizer* yang berfungsi membuat sistem membran lebih stabil (Dzygiel dan Wieczorek, 2010). Telah diakui bahwa PIM memiliki stabilitas yang baik karena tingkat kebocoran senyawa pembawa pada saat proses transpor sangat kecil (rendah) dibandingkan dengan membran cair jenis lain yaitu SLM (Nghiem *dkk.*, 2006).

Membran PIM adalah membran dengan *film* yang tipis dan fleksibel dimana membran tersebut sangat mudah dibuat dari larutan yang mengandung suatu senyawa pembawa, *plasticizer* dan polimer dasar poly(vinyl chlorida) (PVC) sebagai pendukung (Nghiem *dkk.*, 2006, Zheng *dkk.*, 2009, Raut *dkk.*, 2012). Pada teknik membran cair, senyawa pembawa (*carrier*) sebagai fasilitator yang terdapat pada fasa membran memainkan peranan penting dan merupakan hal penentu dalam kinerja pemisahan. Proses transpor senyawa target diawali dengan difusi senyawa target pada fasa sumber melewati pembatas *layer* (lapisan), kemudian terjadi penyerapan senyawa target pada fasa antarmuka sumber-membran. Senyawa target tertranspor di fasa membran dan melewati fasa membran kemudian terjadi desorpsi pada fasa antarmuka membran-penerima, akhirnya senyawa target terdifusi kembali di fasa penerima.

Komponen penyusun membran yang digunakan pada proses transpor dimungkinkan akan *leaching* atau larut sehingga komponen penyusun membran tersebut akan hilang dari fasa membran. Hilangnya komponen penyusun membran dapat dihitung dengan selisih berat membran sebelum dan sesudah transpor yang disebut dengan *Membrane Liquid (ML) loss*. Beberapa peneliti telah melakukan investigasi dan juga telah mengklasifikasikan tentang mekanisme ketidakstabilan berkaitan dengan stabilitas membran cair. Zha *dkk.*, (1995) mengklasifikasikan menjadi 4 bagian, yaitu *Osmotic pressure mechanism*, *Progressive wetting mechanism*, *Pore-block mechanism*, *Shear-induced emulsion mechanism*.

Hilangnya komponen penyusun membran, khususnya senyawa pembawa yang memiliki kekhasan gugus fungsi dapat diketahui melalui spektroskopi FTIR karena spektra inframerah merupakan kekhasan sebuah molekul secara menyeluruh. Gugus-gugus atom tertentu memberikan penambahan serapan pada kerapatan tertentu. Penelitian ini merupakan kelanjutan dari penelitian sebelumnya dan sudah dipublikasikan (Kiswandono *dkk.*, 2012 dan 2013).

Selanjutnya, penelitian ini menjelaskan tentang hilangnya komponen penyusun membran, khususnya senyawa pembawa berdasarkan spektra FT-IR. Membran yang telah digunakan untuk transpor fenol dari beberapa parameter seperti efek konsentrasi *plasticizer*, efek pengadukan, pengaruh konsentrasi garam  $\text{NaNO}_3$ , *lifetime* membran dan pemakaian berulang telah dianalisis berdasarkan spektra FT-IR.

## II. METODE PENELITIAN

### 2.1. Bahan penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah eugenol (PT Indesso Aroma, Purwokerto), akuades dan akuabides (PAU Biotek UGM), bahan kimia semua kualitas *pure analysis* produksi *Merck* yaitu dietil eter ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$ ), boron triflourida dietil eter [ $\text{BF}_3\text{O}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$ ], fenol ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ ), kloroform ( $\text{CHCl}_3$ ), natrium hidroksida ( $\text{NaOH}$ ), asam klorida ( $\text{HCl}$ ), metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ), 4-aminoantipirin,  $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ ,  $\text{NH}_4\text{OH}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  anhidrat,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ ,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , pH indikator, tetrahidrofuran (THF), dibenzil eter (DBE), divinil benzena (DVB), polivinilklorida (PVC).

### 2.2. Alat-alat penelitian

Spektrofotometer inframerah Shimadzu model IR Prestige-21 dengan magnetik KBR pellet holder 0016-008 dan Elemental Analisis Perkin Elmer Series CHNS/O Analyzer 2400.

### 2.3. Sintesis co-EDVB

Sintesis co-EDVB dalam penelitian ini menggunakan bahan dasar eugenol dan katalis  $\text{BF}_3\text{O}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$  telah dilakukan oleh Kiswandono [7] dengan variasi DVB sebagai agen penyambung silang sebesar 0%, 2%, 6% dan 12% dari berat eugenol. Hasil sintesis dari keempat material tersebut berupa *powder* atau serbuk. Sintesis co-EDVB dilakukan dengan agen penyambung silang DVB dan asam boron triflouro dietil eter,  $\text{BF}_3\text{O}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$  sebagai katalis sedangkan sintesis dengan hanya menggunakan eugenol dan katalis boron triflouro dietil eter saja (DVB : 0%) polimernya disebut dengan polieugenol lalupolimer yang terbentuk disimpan dalam desikator untuk kemudian dikarakterisasi.

#### *Pencetakan membran*

Membran PIM dibuat dengan PVC sebagai matrik polimer, co-EDVB sebagai senyawa pembawa dan DBE sebagai *plasticizer* dicampurkan dalam suatu cetakan. Pelarut organik, tetrahidrofuran (THF) digunakan untuk menghomogenkan campuran pada cetakan. Setelah larutan homogen, membran didiamkan selama 3 hari.

#### *Transpor phenol*

Pada penelitian ini, kondisi standar ditetapkan sebagaimana yang telah dilakukan oleh Kiswandono *dkk.*(2013). Proses transpor dilakukan dengan memasukkan 50 mL fenol 60 ppm ke dalam fasa sumber dan 50 mL  $\text{NaOH}$  0,25 M ke dalam fasa penerima. keduanya, fasa sumber dan fasa penerima dilengkapi dengan stirrer. Kemudian diaduk pada suhu kamar. Membran sebelum dan sesudah digunakan pada proses transpor dikarakterisasi menggunakan

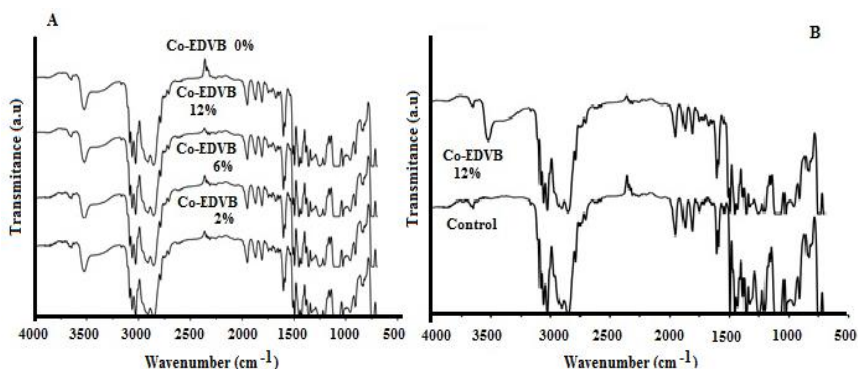
spektroskopi FTIR dengan tujuan untuk melihat gugus fungsi membran selama proses transpor yang dilakukan di Laboratorium *Materials and Life Sciences* Fakultas *Science and Technology*, Universitas Sophia Chiyoda-ku Tokyo Japan

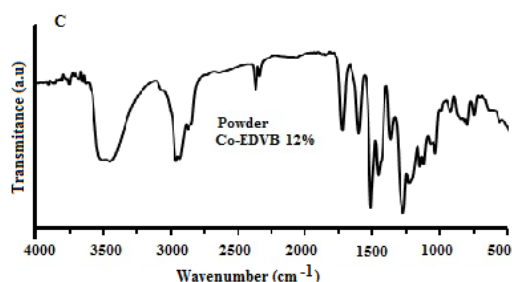
### III. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Transpor suatu senyawa target menggunakan metode membran cair selalu melibatkan senyawa *carrier* (senyawa pembawa). Pada penelitian ini telah dilakukan polimerisasi eugenol dengan senyawa diena, yaitu divinil benzene, DVB. Polimer hasil sintesis ini digunakan sebagai senyawa pembawa untuk transpor fenol dengan metode PIM berbasis polimer dasar PVC dan DBE sebagai *plasticizer*.

Evaluasi membran pada penelitian ini, ditentukan dengan hilangnya komponen pada membran, yakni ditentukan dengan metode penimbangan. Hilangnya komponen membran akan terekam pada spektra infra merah. Selain itu, komponen membran yang hilang juga dibuktikan dengan selisih berat membran sebelum dan sesudah transpor. Hilangnya komponen membran ini disebut dengan *membrane liquid* (ML) *loss*. Parameter transpor yang dievaluasi adalah variasi konsentrasi *plasticizer*, pengaruh pengadukan, pengaruh garam  $\text{NaNO}_3$ , pemakaian berulang dan umur membran. Komponen membran yang hilang bisa berasal dari DBE, PVC atau senyawa pembawa.

Sebelum membran digunakan untuk transpor fenol, terdapat puncak dalam spektra IR yang mengindikasikan adanya  $\text{--OH stretching}$ ,  $\text{--CH aromatic stretching}$ ,  $\text{--CH alkane stretching}$  dan  $\text{--C=C aromatic stretching}$ . Serapan yang muncul merupakan serapan milik co-EDVB sebagai molekul senyawa pembawapenyusun membran. Setelah membran dipakai untuk transpor fenol, intensitas pada bilangan gelombang ini masih terlihat tetapi dengan intensitas yang rendah karena telah didominasi oleh air. Hasil perbandingan dari kedua spektra menunjukkan bahwa gugus fungsi pada daerah  $400 - 1500 \text{ cm}^{-1}$  relatif tidak mengalami pergeseran maupun perbedaan intensitas. Puncak  $\text{--OH stretching}$  pada bilangan gelombang  $3522 \text{ cm}^{-1}$  terlihat mengalami pelebaran puncak. Hal ini karena selama proses transpor, membran berada di antara dua fasa dan digunakan untuk melewatkan fenol dari fasa sumber ke fasa penerima sehingga ada air yang masuk ke dalam pori-pori membran.





Gambar 1. Spektra FT-IR membran (A) co-DVB sebelum digunakan untuk transpor fenol (komponen membran terdiri dari PVC, DBE dan powder co-EDVB (0, 2, 6 dan 12%), (B) perbandingan antara membran co-EDVB 12% (komponen membran terdiri dari PVC, DBE dan powder co-EDVB 12%) dengan membran control (komponen membran terdiri dari PVC dan DBE), (C) powder co-EDVB 12%

Membran PIM merupakan membran yang tidak dapat kering secara maksimal sehingga saat karakterisasi dengan IR, membran PIM diduga masih mengandung air. Munculnya tiga puncak tajam pada daerah  $1750\text{ cm}^{-1}$  -  $2000\text{ cm}^{-1}$  diduga adalah milik PVC atau DBE. Ketiga puncak ini menjadi penting karena puncak ini merupakan salah satu komponen penyusun membran sehingga dapat memberikan tambahan informasi kompoen membran mana saja yang hilang saat terjadinya proses transpor.

Membran sebelum dan setelah transpor dikarakterisasi menggunakan Spektrofotometer inframerah seperti terlihat pada Gambar 1. Identifikasi gugus fungsi pada membran sebelum digunakan untuk transpor fenol menunjukkan beberapa puncak seperti pada Tabel 1. Gambar 1c adalah spektra membran co-EDVB sebelum digunakan untuk transpor fenol dan spektra membran kontrol.

Tabel 1. Gugus fungsi pada membran PIM sebelum transpor fenol

Bilangan gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )	Gugus fungsi
3522	–OH <i>stretching</i>
3062	–C–H <i>stretching</i> aromatik
2911	–C–H <i>stretching</i> alkana
1602	–C=C <i>stretching</i> aromatik

Sebelum membran digunakan untuk transpor fenol, terdapat puncak dalam spektra IR yang mengindikasikan adanya –OH *stretching*, –CH aromatik *stretching*, –CH alkana *stretching* dan –C=C aromatik *stretching*. Serapan yang muncul merupakan serapan milik co-EDVB sebagai molekul senyawa pembawa penyusun membran. Setelah membran dipakai untuk transpor fenol, intensitas pada bilangan gelombang ini masih terlihat tetapi dengan intensitas yang rendah karena telah didominasi oleh air. Hasil perbandingan dari kedua spektra menunjukkan bahwa gugus fungsi pada daerah bilangan gelombang 400 -

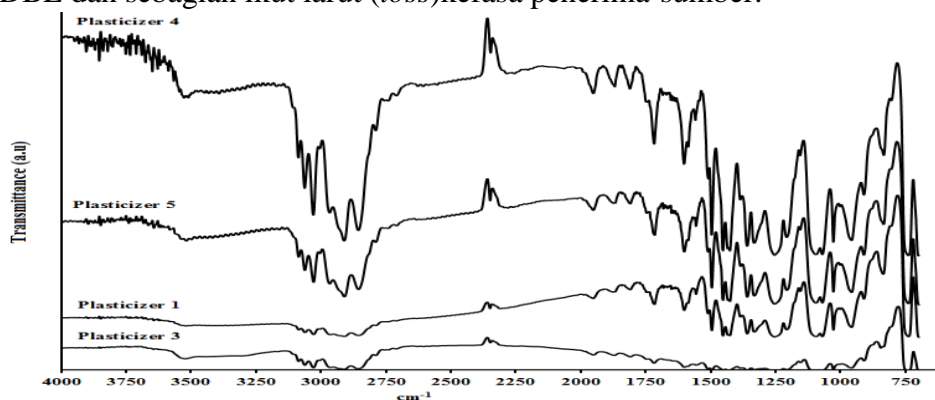
1500  $\text{cm}^{-1}$  relatif tidak mengalami pergeseran maupun perbedaan intensitas. Pada bilangan gelombang 3522  $\text{cm}^{-1}$  yang merupakan bilangan gelombang  $\text{-OH stretching}$  terlihat mengalami pelebaran puncak. Hal ini karena selama proses transpor, membran berada diantara dua fasa dan digunakan untuk melewati fenol dari fasa sumber ke fasa penerima sehingga ada air yang masuk kedalam pori-pori membran. Membran PIM merupakan membran yang tidak dapat kering secara maksimal sehingga saat karakterisasi dengan IR, membran PIM masih mengandung air.

Gambar 3.1a,b jika dibandingkan dengan Gambar 3.1c (spektra FT-IR serbuk polieugenol, co-EDVB 2%, co-EDVB 6% dan co-EDVB 12%). Terlihat bahwa di Gambar 3.1a,b muncul tiga peak tajam pada daerah 1750  $\text{cm}^{-1}$  - 2000  $\text{cm}^{-1}$  tetapi tidak ada pada spektra di Gambar 3.1c, yaitu pada serbuk polimer hasil sintesis, sehingga tiga peak ini diduga adalah milik DBE atau PVC. Ketiga peak ini menjadi penting karena peak ini merupakan salah satu komponen penyusun membran sehingga dapat memberikan tambahan informasi kompoen membran mana saja yang hilang saat terjadinya proses transpor.

### 3.1. Efek *plasticizer*

*Plasticizers* berfungsi sebagai penetralisir yang kuat dari pada gaya *van der Waals* di antara rantai polimer dan memberikan kelembutan dan fleksibilitas pada membran PIM (Nghiem *dkk.*, 2006 dan Sodaye *dkk.*, 2007). Persentase *ML loss* terbesar terjadi ketika persentase fenol yang tertranspor ke fasa penerima optimum. Hal ini mengindikasikan bahwa komponen membran yang mengalami *leaching* *plasticizer*, yaitu DBE. Setelah mencapai *ML loss* terbesar, semakin meningkatnya penambahan DBE menyebabkan *ML loss* semakin kecil. Hal ini karena, jumlah DBE yang tinggi akan menyebabkan membran semakin kuat karena DBE mengikat PVC dan molekul pembawa co-EDVB sehingga kekuatan membran lebih besar dan membuat membran menjadi lebih stabil.

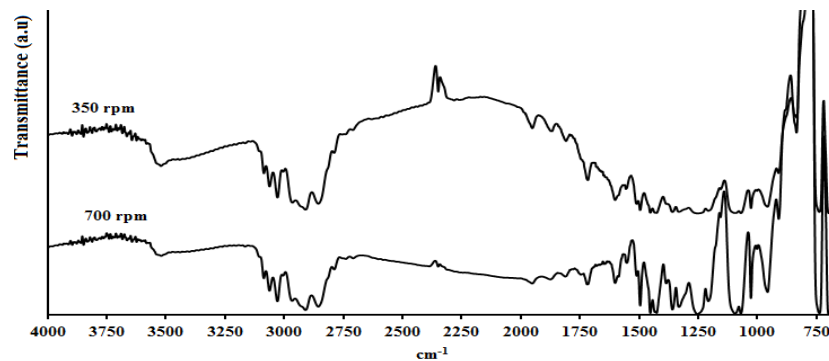
Gambar 2 memperlihatkan bahwa gugus-OH (pada bilangan gelombang 3522  $\text{cm}^{-1}$ ) pada membrane berkurang karena permukaan membrane telah tertutup oleh DBE dan sebagian ikut larut (*loss*) ke fasa penerima-sumber.



Gambar 2. Spektra FTIR Membran co-DVB dengan perbedaan *plasticizer* pengaruh variasi *plasticizer* terhadap nilai transpor fenol (1=0,1466 g = 56,4%; 3=1566 g = 58,0%; 4=0,1600 g = 58,5%; 5=0,1666 g = 59,5%)

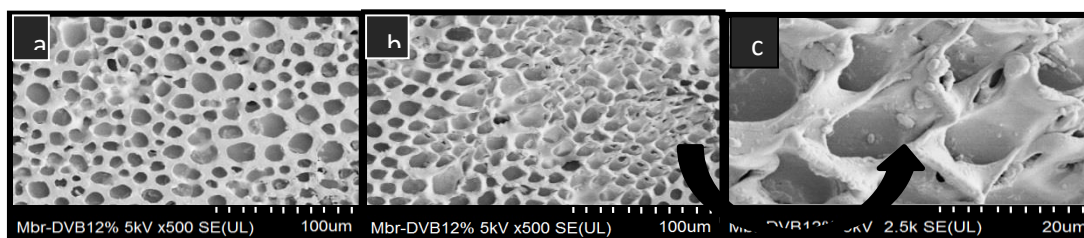
### 3.2. Efek pengadukan

Variasi kecepatan pengadukan sangat berpengaruh terhadap ketahanan dan kekuatan membran. Presentase *ML loss* merupakan indikator dari seberapa besar komponen membran yang lepas dan dapat digunakan sebagai parameter seberapa tahan dan stabil membran PIM dari gangguan fisik akibat pengaruh pengadukan. Variasi kecepatan pengadukan yang digunakan pada penelitian ini adalah 350 rpm dan 700 rpm.



Gambar 3. Spektra FTIR Membran co-DVB dengan perbedaan kecepatan pengadukan

Hasil penelitian Kiswando dkk., (2013) menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan pengadukan menghasilkan persentase *ML loss* yang tinggi. Pengadukan berfungsi untuk mempercepat dan meratakan keseimbangan reaksi, tetapi kondisi membran dapat terganggu secara fisik dengan adanya pengadukan itu sendiri (Zha *et al.*, 1995 dan Kolev *et al.*, 2013). Hal ini disebabkan karena kenaikan kecepatan pengadukan dapat meningkatkan kontak fisik antara membran dengan larutan pada fasa sumber dan fasa penerima sehingga memperbesar *ML loss*, selanjutnya menyebabkan ketahanan membran PIM semakin berkurang. Hal ini juga didukung dengan spektra infra merah seperti yang terlihat pada Gambar 3.3, terlihat bahwa gugus OH pada membrane dengan kecepatan pengadukan 700 rpm memiliki peak yang lebih rendah dibandingkan dengan kecepatan pengadukan 350 rpm. Data lain yang mendukung adanya kehilangan komponen penyusun membrane adalah hasil analisis permukaan menggunakan SEM seperti terlihat pada Gambar 4 (Kiswando dkk., 2013)



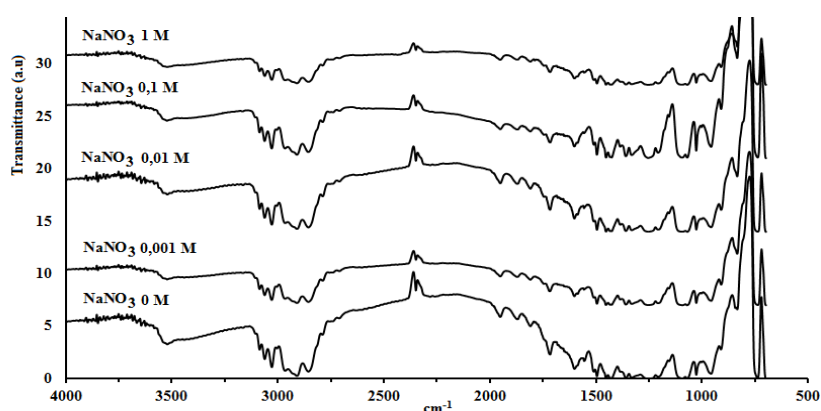
Gambar 4. Hasil SEM membran setelah transpor menggunakan stirrer (a) 350 rpm, 500x (b) 700 rpm, 500x dan (c) 700 rpm, 2500 x



Gambar 4 memperlihatkan hasil SEM membran setelah transpor dengan kecepatan pengadukan 350 rpm dan 700 rpm. Kenaikan kecepatan pengadukan, meningkatkan gangguan secara fisik berupa gaya gesek antara fasa antarmuka sumber-membran dan membran-penerima, sehingga gangguan ini mempengaruhi permukaan membran. Permukaan membran dengan kecepatan pengadukan 700 rpm terlihat lebih besar dan melebar dibandingkan membran dengan pengadukan 350 rpm (Gambar 4c).

### 3.3.Efek peningkatan konsentrasi garam $\text{NaNO}_3$

Pengaruh peningkatan konsentrasi penambahan garam  $\text{NaNO}_3$  pada proses transpor dapat memberikan informasi tentang stabilitas membran PIM. Transpor fenol pada penelitian ini dilakukan dengan peningkatan konsentrasi  $\text{NaNO}_3$  pada fasa sumber dengan kondisi fasa penerima yang tetap dan peningkatan konsentrasi  $\text{NaNO}_3$  pada fasa penerima dengan kondisi fasa sumber yang tetap.

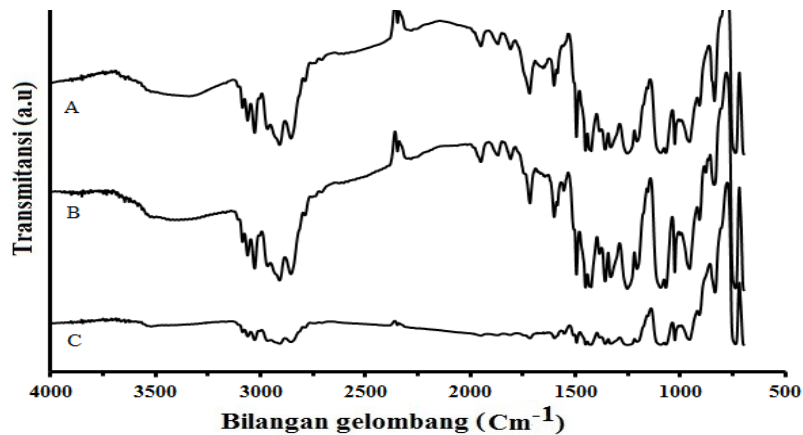


Gambar 5. Spektra FTIR Membran co-DVB dengan perbedaan konsentrasi garam  $\text{NaNO}_3$

Pada Gambar 5 memperlihatkan perbedaan spektra infra merah dengan beberapa konsentrasi  $\text{NaNO}_3$  yang berbeda, terlihat bahwa semakin besar konsentrasi  $\text{NaNO}_3$  maka peak OH semakin kecil. Hal ini disebabkan karena garam  $\text{NaNO}_3$  pada membrane mengganggu dan menutupi permukaan membrane sehingga peak OH semakin kecil. Senyawa pembawa yang digunakan dalam membran adalah co-EDVB 12% yang memiliki gugus aktif  $-\text{OH}$  yang selanjutnya dapat membentuk ikatan hidrogen dengan fenol yang tertranspor ke fasa penerima melalui membran. Adanya garam  $\text{NaNO}_3$  pada fasa sumber akan mengganggu terbentuknya ikatan hidrogen antara fenol dengan co-EDVB 12%. Hal ini disebabkan karena adanya ion  $\text{Na}^+$  dari  $\text{NaNO}_3$  yang ikut masuk ke dalam membran dan berikatan dengan  $\text{O}^-$  pada co-EDVB 12%. Konsentrasi  $\text{NaNO}_3$  semakin besar akan menyebabkan semakin berkurangnya gugus aktif dalam co-EDVB 12% sehingga transpor fenol semakin kecil. Penambahan garam  $\text{NaNO}_3$  berpengaruh terhadap kehilangan komponen penyusun membran. Semakin bertambahnya konsentrasi garam pada fasa sumber dan fasa penerima, akan mengurangi hilangnya fasa organik dari membran sehingga dapat meningkatkan stabilitas membran dan umur membran.



### 3.4. Umur membran (*Lifetime*)



Gambar 6. Hasil spektra IR membran co-EDVB12% setelah transpor menggunakan NaNO<sub>3</sub> pada fasa sumber (a) 0,1M, (b) 0,01M dan (c) tanpa NaNO<sub>3</sub>

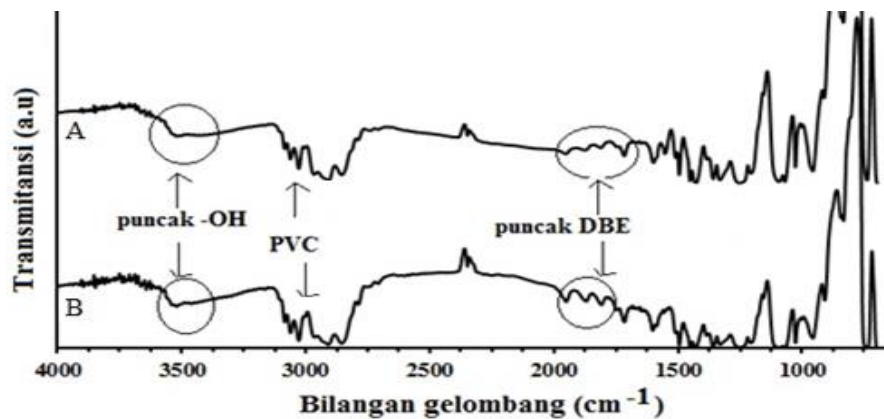
Hasil penelitian Kiswandono dkk., (2013) menjelaskan bahwa dengan bertambahnya konsentrasi garam pada fasa sumber, akan meningkatkan umur membran, yakni kebocoran membrane dapat dipertahankan dari tujuh hari tanpa menggunakan NaNO<sub>3</sub> menjadi 20 hari dengan menggunakan NaNO<sub>3</sub> 0,01 M dan 62 hari pada konsentrasi NaNO<sub>3</sub> 0,1 M. Peningkatan umur membran ini diduga karena berkurangnya *ML loss* pada membran, yakni semakin bertambahnya konsentrasi garam, akan mengurangi hilangnya fasa organik dari membran sehingga *ML loss* menjadi kecil akibatnya stabilitas dan umur membran menjadi meningkat. Gambar 6 memperlihatkan profil puncak –OH pada spektra IR di daerah 3500 cm<sup>-1</sup> untuk umur membran. Membran yang menggunakan NaNO<sub>3</sub> masih terlihat jelas puncak –OH pada daerah serapan tersebut dibandingkan membran yang tidak menggunakan NaNO<sub>3</sub>. Walaupun air sudah menerobos masuk ke fasa sumber sehingga membran menjadi bocor pada hari ke 62, tetapi pada spektra tersebut masih mengandung puncak –OH, hal ini mengindikasikan bahwa membran tersebut seharusnya masih bisa mentranspor fenol. Artinya, bahwa komponen yang hilang saat proses transpor hingga hari ke 62 tidak seluruhnya berasal dari senyawa pembawa. Penambahan garam berpengaruh terhadap *membran loss* pada membran sehingga menaikkan stabilitas membran dan meningkatkan umur membran.

### 3.5. Transpor fenol dengan pemakaian membran PIM berulang

Pemakaian membran secara berulang bertujuan untuk menguji ketahanan dan mengetahui kestabilan membran. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa pemakaian membran sebanyak dua kali dan ke tiga kali menyebabkan berkurangnya transpor fenol dari fasa sumber ke fasa penerima.

Pada pemakaian membran yang pertama, diperkirakan terdapat spesies dari membran yang *leaching* sehingga konsentrasi fenol yang mengalami transpor

pada pemakaian ke dua dan ke tiga semakin berkurang. Semakin berkurangnya konsentrasi fenol yang mengalami transpor ke fasa penerima diperkirakan karena *leaching* berasal dari molekul pembawa co-EDVB 12%. Saat pemakaian membran ke dua dan ke tiga jumlah gugus aktif pada membran semakin berkurang. Berkurangnya gugus aktif yaitu cincin benzena dan gugus –OH maka akan mengakibatkan berkurangnya interaksi  $\pi - \pi$  dan ikatan hidrogen yang terbentuk antara fenol dan co-EDVB 12% dan menurunkan transpor fenol ke fasa penerima.



Gambar 7. Hasil spektra IR membran co-EDVB 12%, (a) pemakaian 3x48 jam (b) pemakaian 1x48 jam

Hilangnya komponen penyusun membran juga terekam pada spektra IR sebagaimana yang terlihat pada Gambar 7. Peningkatan jumlah komponen penyusun membran yang hilang, ternyata juga diikuti dengan menurunnya (hilangnya) absorpsi pada puncak –OH dan juga puncak yang diduga milik DBE atau PVC, sehingga bisa disimpulkan bahwa hilangnya komponen penyusun membran tersebut selain berasal dari senyawa pembawa juga bisa berasal dari DBE atau PVC.

#### IV. SIMPULAN, SARAN DAN REKOMENDASI

Beberapa evaluasi yang mempengaruhi transpor fenol menggunakan membran PIM telah dilakukan yaitu *plasticizer*, kecepatan pengadukan konsentrasi garam  $\text{NaNO}_3$ , umur membran, dan pemakaian berulang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi yang dilakukan tersebut menghasilkan *membran liquid loss* pada membran PIM. Berdasarkan hasil FT-IR, didapatkan bahwa membran yang mengandung senyawa pembawa co-EDVB ini, komponen penyusun membran yang hilang didominasi oleh senyawa pembawanya sedangkan indikasi hilangnya komponen penyusun membran dapat terlihat pada hasil FT-IR setelah digunakan untuk transpor, yakni hilangnya puncak –OH pada spektra FT-IR.

## V. DAFTAR PUSTAKA

- Abdul-Halim, N.S., Whitten, P.G., dan Nghiem, L.D., 2013, Characterising Poly (vinylchloride)/Aliquat 336 Polymer Inclusion Membranes: Evidence of Phase Separation and its Role in Metalextraction, *Sep. Purif. Technol.*, 119, 14–18
- Cussler, E.L., in Baker, R.W., 1991, Facilitated transport, in: *Membrane Separation Systems: Recent Developments and Future Directions*, Noyes Data Corporation, New Jersey, pp. 242–275.
- Dz'yguel, P., dan Wieczorek, P.P., 2010, *Liquid Membranes: Principles and Applications in Chemical Separations and Wastewater Treatment, Chapter 3: Supported Liquid Membranes and Their Modifications: Definition, Classification, Theory, Stability, Application and Perspectives*, First edition, Radarweg 29, PO Box 211, 1000 AE Amsterdam, The Netherlands, Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP, UK
- Kiswandono, A.A., Santosa, S.J., Siswanta, D., dan Aprilita, N.H., 2013, Extending the Life Time of Polymer Inclusion Membrane Containing Copoly(Eugenol-DVB) as Carrier for Phenol Transport, *Indo. J. Chem.*, 13(3), 254-261.
- Kiswandono, A.A., Siswanta, D., dan Aprilita, N.H., Santosa, S.J., 2014, The Capability of Copoly(Eugenol-Divinylbenzene), Co-EDVB as a Carrier of Phenol Transport with Polymer Inclusion Membrane (PIM), *Journal of Environmentally Friendly Processes*, 2(2), 57-68
- Kolev, S.D., St John, A.M., dan Cattrall, R.W., 2013, Mathematical Modeling of the Extraction of Uranium (VI) Into a Polymer Inclusion Membrane Composed of PVC and di-(2-ethylhexyl) Phosphoric Acid, *J. Membr. Sci.*, 425–426, 169–175.
- Nghiem, L.D., Mornane, P., Potter, I.D., Perera, J.M., Cattrall, R.W., dan Kolev, S.D., 2006, Extraction and Transpor of Metal Ions and Small Organic Compounds Using Polymer Inclusion Membranes (PIMs): Review, *J. Membr. Sci.*, 281, 7–41.
- Raut, D.R., Mohapatra, P.K., dan Manchanda, V.K., 2012, A Highly Efficient Supported Liquid Membrane System for Selective Strontium Separation Leading to Radioactive Waste Remediation, *J. Membr. Sci.*, 390 – 391, 76 – 83.
- Sodaye, S., Suresh, G., Pandey, A.K., and Goswami, A., 2007, *J. Membr. Sci.*, 295, 1-2, 108–113.
- St John, A.M., Cattrall, R.W., dan Kolev, S.D., 2013, Determination of the Initial Flux of Polymer Inclusion Membranes, *Sep. Purif. Technol.*, 116, 41 – 45.
- Vázquez, M.I. Romero, V., Fontàs, C., Anticó, E., dan Benavente, J., 2014, Polymer Inclusion Membranes (PIMs) with the Ionic Liquid (IL) Aliquat 336 Asextractant: Effect of Base Polymer and IL Concentration on Their Physical–Chemical and Elastic Characteristics, *J. Membr. Sci.*, 455, 312 – 319.

- Zha, F.F., Fane A.G., dan Fell C.J.D., 1995, Instability Mechanisms of Supported Liquid Membrane in Phenol Transport Processes, *J. Membr. Sci.*, 107, 59 – 74.
- Zheng, H.D., Biyu, W., Yanxiang, W., dan Qilong, R., 2009, Instability Mechanisms of Supported Liquid Membranes for Copper (II) Ion Extraction, *Colloids and Surfaces A: Physicochem, Eng. Aspects*, 351, 38 – 45.